ADALÉKANYAGOK KÉMIAI TULAJDONSÁGAI

Út- és hídépítési műszaki előírások és alkalmazási tapasztalataik

Magyar Közút Kht.

Dr. Kausay Tibor

Budapest, 2010. május 20.



Adalékanyagok alkáli reakciója



Forrás: Deutscher Beton-Verein E. V.: „Beton-Handbuch” (A kiadás éve ismeretlen)

Beton-adalékanyagok alkáli reakciója

Fogalommeghatározás

Alkáli reakció: Egyes beton-adalékanyagok és az alkálifém-dús cementek hidratációs termékében levő alkálifémek beépülési, vagy csere-bomlásának a megnevezése. Kialakulásához hosszú évek kellenek.

Az alkáli reakció kedvezőtlen körülmények hatására lép fel, térfogat-növekedéssel jár, a reakció jellegétől függően a beton felületén reakció-termékek jelenhetnek meg.

Az alkáli reakció a beton összerepedéséhez, a szilárdság csökkenéséhez vezet. Az ilyen betont javítani nem lehet.

A beton-adalékanyagok alkálifém reakciója Magyarországon szerencsére eddig nem, vagy csak szórványosan fellépő, de külföldön ismert jelenség.



Fénykép az ACI Monograph 1968. No. 4. számából.
Forrás: Dr. Balázs György - Dr. Tóth Ernő: „Beton- és vasbeton szerkezetek diagnosztikája” I. kötet. Műegyetemi Kiadó. Budapest, 1997.

Az „alkáli reakció” nem alkáliák, hanem alkálifémek hatására lép fel, ezért a jelenség szabatos megnevezése „alkálifém reakció”.

Alkálifémek: A periódusos rendszer I. oszlopának főcsoportjába tartozó elemek, mint a lítium (Li), a nátrium (Na), a kálium (K), a rubídium (Rb), a cézium (Cs), és a francium (Fr) összefoglaló megnevezése.

Az alkálifémek közül a cementkőben a nátrium (Na) és a kálium (K) fordulnak elő figyelemre méltó mennyiségben, ezeket szokás a kémiai egyenletekben „M” betűjellel jelölni.

Az alkálifém reakciónak két alapvetően különböző változata van:

- **az alkálifém-szilikát reakció és**
- **az alkálifém-karbonát (alkálifém-dolomit) reakció.**

Alkálifém-szilikát reakció

Az alkálifém-szilikát reakció kovasav kőzetek (magmás, laza és összeálló törmelékes, átalakult kőzetek) esetén léphet fel, ha az azokban levő alkáli-érzékeny kovasavtartalmú részecskék - például az opál, vagy esetleg a kalcedon ásványokban lévő oldható kovasavalkotók (nem kristályos, amorf szilikátok ún. hidrogélek) - a cementkő alkálifém--hidroxidjaival alkálifém-szilikátoldatok képződése mellett reagálnak.

Ekkor meg nem szilárduló, gélszerű, vízfelvételre és duzzadásra hajlamos alkálifém-metaszilikát (nátrium esetén vízüveg) keletkezik, és jelenik meg a repedések mentén a felületen:



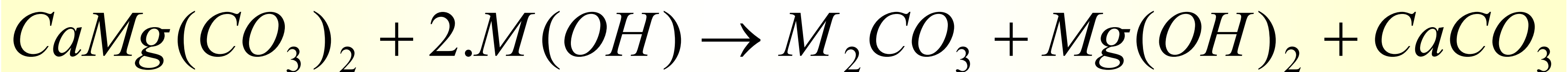
$$SiO_2 + n.H_2O + 2.M(OH) \rightarrow M_2SiO_3.(n-x+1).H_2O + x.H_2O$$

Alkálifém-karbonát (alkálifém-dolomit) reakció

Az alkálifém-karbonát (alkálifém-dolomit) reakció egyes meszes vagy agyagos-kovás-meszes dolomitok esetén fordulhat elő.

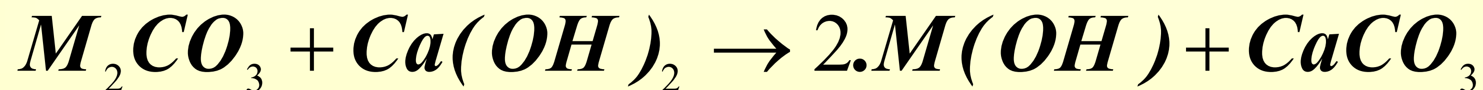
A reakciónak két változata ismert:

A *duzzadásos alkálifém-dolomit reakció* során a dolomit adalékanyag kalcium-magnézium-karbonátja és a cementkő alkálifém-hidroxidja egymásra hatásából alkálifém-karbonát, magnézium-hidroxid (brucit) és kalcium-karbonát keletkezik:



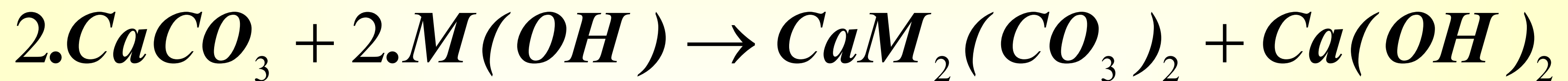
$$CaMg(CO_3)_2 + 2.M(OH) \rightarrow M_2CO_3 + Mg(OH)_2 + CaCO_3$$

A keletkezett alkálifém--karbonát a cementkő kalcium-hidroxidjával reagálva cserebomlás útján kalcium-karbonát keletkezése mellett alkálifém-hidroxiddá alakulhat vissza:



$$M_2CO_3 + Ca(OH)_2 \rightarrow 2.M(OH) + CaCO_3$$

A kalcium-karbonát a cementkő alkálifém-hid-roxidjának és víznek a jelenlétében kalcium--alkálifém-karbonáttá alakul, amit az előbbi reakciót tápláló kalcium-hidroxid keletkezése kísér:



$$2.CaCO_3 + 2.M(OH) \rightarrow CaM_2(CO_3)_2 + Ca(OH)_2$$

Ezáltal kedvezőtlen esetben az alkálifém-dolomit reakció a teljes átalakulásig folytatódhat.

A *szilárdság-csökkenéses alkálifém-dolomit reakció* oka feltevések szerint az agyagos komponensben lévő szilícium-dioxid vándorlása a szemcse közepéről annak peremére, ahol lecsapódik.

A szemcsék peremén kovásodott réteg csökkenti a cementkőhöz való tapadást és ezáltal a beton szilárdságát.

Az alkálifém-dolomit reakció esetén reakció termékek a felületen nem jelennek meg.

Az alkálifém reakció kialakulásának feltételei

Az alkálifém-oxid reakció várhatóan elkerülhető,

• ha az alkalmazott portlandcement nátrium--oxid egyenértéke a 0,6 tömeg%-ot nem haladja meg, ahol a nátrium-oxid egyenérték =

= Na_2O tartalom + 0,658·K_2O tartalom [tömeg%];

• ha a cement mennyisége kevesebb mint 400 kg/m^3;

• ha a kovasavtartalmú adalékanyag nem tartalmaz alkálifém-oxid érzékeny részecskéket;

• ha a dolomit adalékanyag dolomit-ásvány tartalma több, mint 90 tömeg%;

• ha a beton környezete száraz és hőmérséklete nem magas.

Irodalom

MSZ CR 1901:2000 Regionális előírások és ajánlások a beton alkáli-kovasav reakció okozta károsodásának elkerülésére. CEN Jelentés. (Jóváhagyó közleménnyel bevezetve, angol nyelven.)

Deutscher Ausschuss für Stahlbeton: DAfStb-Richtlinie „Vorbeugende Maßnahmen gegen schädigende Alkalireaktion im Beton (Alkali-Richtlinie)”. 1997.

Ajánlom szíves figyelmükbe:
http://www.betonopus.hu/notesz/alkali-reakcio/alkali-reakcio.pdf



Németország alkálifém érzékeny opál-homokkő, kovás mészkő, flint, és grauwacke előfordu-lásainak zónája.

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen

Arbeitsgruppe Betonbauweisen FGSV

Technische Lieferbedingungen für Baustoffe und Baustoffgemische für Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln und Fahrbahndecken aus Beton

R 1

TL Beton-StB 07

Ausgabe 2007

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen

Arbeitsgruppe Betonbauweisen FGSV

Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln und Fahrbahndecken aus Beton

R 1

ZTV Beton-StB 07

Ausgabe 2007

ÚTBETON ADALÉKANYAGOK ALKÁLI SZILIKÁT REAKCIÓRA VALÓ HAJLAMÁNAK MEGÍTÉLÉSE NÉMETORSZÁGBAN

R 1 = A szerződések alapjául szolgáló olyan közlemények (TL, ZTV, TP) és irányelvek sorozatjele, amelyek kötelező ereje – különösen, ha a szerződés elválaszthatatlan részét képezik – erős. Mindig az FGSV szavazással elfogadott kiadványa.

ADALÉKANYAGOK ALKÁLI SZILIKÁT REAKCIÓRA VALÓ HAJLAMÁNAK MEGÍTÉLÉSE NÉMETORSZÁGBAN

Beton pályaburkolatok környezeti osztálya

Forrás: TL Beton-StB 07 (Technische Lieferbedingungen für Baustoffe und Baustoffgemische für Tragschichten mit hidraulischen Bindemitteln und Fahrbahndecken aus Beton, Ausgabe 2007)

A beton pályaburkolatok környezeti osztálya az útépítési osztály függvényét képezi.

Az útépítési osztályt és a pályaburkolatok vastagságát az RStO 01 (Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen) irányelv szerinti „B" forgalmi terhelési szám alapján határozzák meg. A „B" szám a 10 tonnás tengelyek áthaladási számának millióban kifejezett egyenértéke, amely számos forgalmi tényezőnek a függvénye. Az SV (Schnell- und Schwerlastverker) a gyors és nehéz forgalom építési osztálya. (*Richter, D. – Heindel, M.*, 2008)

Útépítési osztály a „B” forgalmi terhelési szám függvényében.
(A „B” szám a 10 tonnás tengelyek áthaladási számának millióban kifejezett egyenértéke)

(*Richter, D. – Heindel, M.*, 2008)

„B” szám	> 32	10 – 32	3 – 10	0,8 – 3	0,3 – 0,8	0,1 – 0,3	≤ 0,1
Útépítési osztály	SV	I	II	III	IV	V	VI

Az SV (Schnell- und Schwerlastverker) a gyors és nehéz forgalom építési osztálya.

Útépítési osztályok az út típusa szerint (*Richter, D. – Heindel, M.*, 2008)

Az út típusa	Útépítési osztály (körforgalom esetén eggyel nagyobb osztály a mértékadó
Gyorsforgalmi utak, ipari gyűjtő utak	SV, I vagy II
Főút, ipari utak, autóbusz sávok és parkolók	II (napi < 150 busz esetén) vagy III
Nehézforgalmi utak mellék és pihenő helyei	III
Lakókörzeti gyűjtő utak, gyalogos övezetek árúforgalommal, nehéz járművek állandó parkolói	III vagy IV
Személyforgalmi mellékutak csekély nehéz forgalommal, nehéz járművek alkalmi parkolói	IV vagy V
Személygépkocsik állandó parkolói csekély nehéz forgalommal	V
Bekötőutak, lakóutak, gyalogos övezetek autóbusz forgalom nélkül, személygépkocsik parkolói és mellékútjai csekély nehéz forgalommal	V vagy VI
Mellékutak személygépkocsi forgalommal	VI

Beton pályaburkolatok környezeti osztálya a német TL Beton-StB 07 műszaki szállítási feltételek és a ZTV Beton-StB 07 (Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln und Fahrbahndecken aus Beton, Ausgabe 2007) pótlólagos műszaki szerződési feltételek és irányelvek szerint

Ez a következő diaképen lévő táblázat címe.

Út-építési osztály	Pályabeton rétege	Környezeti osztály	Nedvességi osztály az alkáli szilikát reakció szempontjából	Nyomó-szilárdsági osztály	Hajlító-húzó-szilárdsági osztály	Megkövetelt adalékanyag frakció mm
SV, I–III [1]	Felső [3]	XF4, XM2	WS	C30/37	F 4,5	0/2, 2/8, > 8 0/4, 4/8, > 8 0/2 vagy 0/4, ≤ 8
	Alsó	XF4				
IV–VI [2]	Felső [3]	XF4, XM1	WA		F 3,5	0/4, > 4
	Alsó	XF4				

[1] Az SV, I, II és III útépítési osztályban a pályabeton cement-tartalma legalább 340 kg/m^3, a víz-cement tényező legfeljebb 0,45.

[2] Az IV, V és VI útépítési osztályban a víz-cement tényező legfeljebb 0,50.

[3] Ha a felső betonréteg felületéről a habarcsot kimossák, akkor a felső réteg cement-tartalma legalább 420 kg/m^3.

Ha folyósító adalékszerrel nagy kezdő szilárdságú beton készül, akkor a pályabetont CEM I portlandcementtel kell készíteni.

Nagy kezdő szilárdságú beton készítése esetén előnyös a 42,5 R nyomószilárdsági osztályú cement alkalmazása.

Megjegyzés: Az alkáli szilikát reakcióval kapcsolatos WO, WF, WA és WS nedvességi osztályok, mint környezeti osztályok a DIN 1045-2 szabványba először a 2008. évi módosítás során (DIN 1045-2:2008) kerültek be.

Magyarázat: DAfStb = Deutscher Ausschuss (bizottság) **für Stahlbeton**

A DIN 1045-2:2008 szabvány és a DAfStb-Alkali-Richtlinie (2007) műszaki irányelv szerint, ha a szokásos módon nedvesen utókezelt betonszerkezet a használat során:

- **tartósan száraz, akkor a WO nedvességi osztályba tartozik. Ilyen szerkezet például az építmény belső szerkezete; a külső szerkezet, amelyet csapadék, felületi víz és talajnedvesség nem ér, amely nincs tartósan 80 % relatív páratartalomnak kitéve. Ebben az esetben E II-OF osztályú adalékanyag esetén sincs szükség óvintézkedésre.**

- **gyakran vagy hosszabb ideig nedves, akkor a WF nedvességi osztályba tartozik. Ilyen szerkezet a nedvességtől védtelen, felületi vizekkel érintkező, talajnedvességnek kitett külső szerkezet; a belső szerkezet, amely tartósan ki van téve 80 % relatív páratartalomnak (például fedett uszoda, mosoda); a gyakran harmatponti állapotban lévő szerkezet (például kémény kürtő, hőátviteli állomás, szűrőkamra, szarvasmarha istálló); tömegbeton, amelynek legkisebb mérete 0,8 m-nél nagyobb, függetlenül a vízbehatolásától. Ha a beton adalékanyaga E III-OF osztályú, a cement mindig kis alkáli tartalmú (Na-Zement = Zement mit niedrigem wirksamen Alkaligehalt) legyen.**

- **nedves és *tartósan külső alkáli hatásnak* van kitéve, akkor a WA nedvességi osztályba tartozik. Ilyen a tengervíz hatásának kitett szerkezet; *az olvasztósó hatásának kitett szerkezet*, ha dinamikus hatás nem éri (például fröccsenő víznek kitett szerkezet, parkolóházak járó és parkoló felülete); az alkáli sók hatásának kitett ipari és mezőgazdasági építmények (például trágyalétároló). Ebben az esetben E III-OF osztályú adalékanyagot nem szabad használni.**

- **nedves és *tartósan külső alkáli hatásnak* van kitéve, továbbá nagy *dinamikus hatás* is éri, akkor a WS nedvességi osztályba tartozik. Ilyen szerkezet a beton útpályaburkolat és a repülőtéri betonburkolat.**

Ha az adalékanyag az alkáli reakció szempontjából *veszélytelen* opál-homokkövet tartalmaz, akkor az adalékanyag az E I-O osztályba tartozik, és a nedvességi osztályok egyikében sem igényel óvintézkedést.

Ha az adalékanyag az alkáli reakció szempontjából *veszélyes* opál-homokkövet és flintet tartalmaz, akkor az adalékanyag az E III-OF osztályba tartozik. Ebben az esetben

- **a WO nedvességi osztályban nincs szükség óvintézkedésre;**
- **a WF nedvességi osztályban mindig kis alkáli tartalmú cementet (NA-Zement) kell használni;**
- **a WA nedvességi osztályban az E III-OF osztályú adalékanyag nem használható.**

Alkáli szilikát reakcióval kapcsolatos követelmények a német „DAfStb-Richtlinie (2007), „Vorbeugende Maßnahmen gegen schädigende Alkali-Kieselsäure-Reaktion im Beton (Alkali-Richtlinie)" irányelvben

Ez a következő diaképen lévő táblázat címe.

Adalékanyag alkáli reakció érzékenységi osztálya	Cement tartalom kg/m³	Követelmények a nedvességi osztályban		
		WO	WF	WA
E I; E I-O; E I-OF; E I-G	Nincs előírva	–	–	–
E II-O	≤ 330	–	–	NA-Zement
E III-O		–	NA-Zement	Adalékanyagot ki kell cserélni
E II-O; E II-OF	> 330	–	NA-Zement	NA-Zement
E III-O; E III-OF		–	NA-Zement	Adalékanyagot ki kell cserélni
E III-G	≤ 300	–	–	–
	300-350	–	–	NA-Zement [1)]
	> 350	–	NA-Zement [1)]	Adalékanyagot ki kell cserélni

Megjegyzés: NA-Zement = Kis alkáli tartalmú cement

NA-Zement [1)] = Kis alkáli tartalmú vagy azzal igazoltan egyenértékű cement

E I = Veszélytelen

E II = Feltételesen használható

E III = Veszélyes

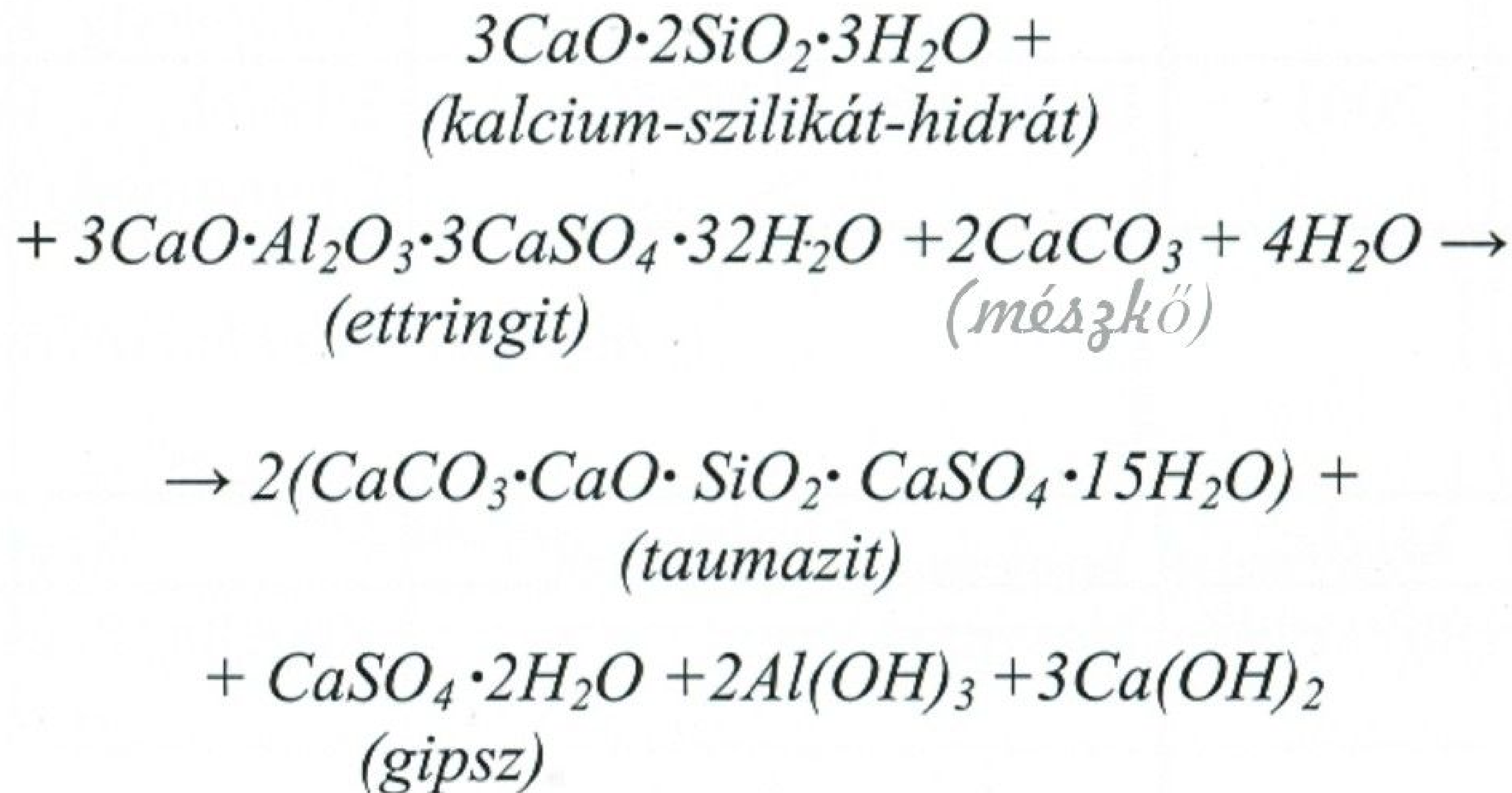
O = Opál-homokkő

OF = Opál-homokkő és pórusos flint

G = Grauwacke (homokkő-féleség)

TAUMAZIT REAKCIÓ

Taumazit-reakció létrejötte:



Forrás: Révay Miklós dr.: A taumazit-kérdés Magyarországon. Beton szakmai havilap. XIII. évf. 1. szám, 2005. január pp. 3-6.

A taumazit-reakció kockázati tényezői talajszint alatti létesítményeknél

Elsődleges tényezők:

- **szulfát vagy oxidálható szulfid jelenléte;**
- **mobil víz jelenléte;**
- **karbonát (mészkő, dolomit) beton-adalékanyag vagy kiegészítő-anyag (töltőanyag) jelenléte;**
- **15 °C alatti hőmérséklet.**

Másodlagos tényezők:

- **cementfajta (veszélyes lehet a mészkőportlandcement, jobban ellenáll a szulfátálló cement, a kohósalak- és a pernye-tartalmú cement);**
- **betonfajta és betonminőség (a kellő tömörségű beton jobban ellenáll);**
- **a talaj és talajvíz kémiai összetételének kedvezőtlen változása;**
- **a beépítés mélysége és az építmény geometriája (a taumazit leggyakrabban a sarkokon és az éleken jelentkezik).**

Magyarországi példa a taumazit-reakció fellépésére: Puskás Ferenc Stadion.

Köszönöm szíves a figyelmüket…